

INFORME 1026-1\*

**UTILIZACIÓN DE EQUIPO TELEGRAFICO DE IMPRESIÓN DIRECTA  
DE BANDA ESTRECHA EN UN CANAL DE UNA SOLA FRECUENCIA**

(Cuestión 5/8)

(1986-1990)

**1. Introducción**

Los equipos de telegrafía de impresión directa de banda estrecha (IDBE — «Narrow-Band Direct Printing») que funcionan en el modo ARQ, de conformidad con las Recomendaciones 476 y 625 descritos en este Informe se explotan, por razones de diseño en el trayecto radioeléctrico en modo simplex.

Sin embargo, los sistemas marítimos operacionales utilizan habitualmente este tipo de equipo con canales radioeléctricos ~~de dos frecuencias~~ debido a diversos problemas técnicos. En este Informe se resaltan estos problemas y se examinan los criterios que sería necesario cumplir para permitir que un sistema operacional utilice canales de una sola frecuencia .

**2. Factores que influyen en la utilización de canales de una sola frecuencia**

Dos factores principales afectan a la recepción de una transmisión IDBE que utiliza un canal de una sola frecuencia .

**2.1 Recepción de niveles muy altos del propio transmisor**

Esto puede causar la sobrecarga de la etapa de entrada del receptor y la reducción de la sensibilidad del Control Automático de Ganancia (CAG) del receptor. Entonces, debido a la recuperación lenta, puede suceder que no se reciba la señal deseada (en un nivel mucho más bajo).

**2.2 Niveles de ruido dentro de la banda del propio transmisor**

Dentro de un intervalo de 450 ms, la modulación del transmisor está presente al menos durante 210 ms; pero, normalmente existirán componentes de ruido dentro de la banda durante los 240 ms restantes.

El nivel de entrada del receptor debido al ruido dentro de la banda viene dada por  $NC - CL$ , donde  $NC$  = niveles de ruido dentro de banda y  $CL$  = pérdida de acoplamiento entre las antenas del transmisor y del receptor.

Para un lugar en calma, los niveles combinados de ruido atmosférico y galáctico a la entrada del receptor para una anchura de banda de 300 Hz varían entre 0 y  $-11$  dB(1  $\mu$ V) en las bandas de frecuencias 1,6 a 30 MHz (véase el Informe 322).

Para evitar que estas componentes de ruido dentro de la banda, degraden la señal recibida deberían tener un nivel inferior por lo menos en 3 dB al del ruido atmosférico y galáctico en el emplazamiento del receptor. En consecuencia, la reducción mínima necesaria del ruido dentro de banda del transmisor, viene dada por:

$$(NC - CL) - (\text{ruido atmosférico y galáctico} - 3 \text{ dB})$$

\* Se ruega al Director del CCIR que señale este Informe a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI).

*Ejemplo de caso más desfavorable*

El valor de  $NC$  para una transmisión del servicio móvil marítimo, puede ser de hasta 200 mW (130 dB(1  $\mu$ V)) (véase el apéndice 8 del Reglamento de Radiocomunicaciones).

En consecuencia, la reducción necesaria para un lugar en calma será igual a:

$$(130 - 26) - (-11 - 3) = 118 \text{ dB.}$$

**3. Análisis de los problemas y posibles soluciones**

Se tratarán separadamente los dos factores principales y se darán algunas soluciones prácticas.

**3.1 Interferencia de la propia transmisión**

Surgirá este problema cuando una estación fija o móvil utilice antenas transmisoras o receptoras muy próximas entre sí. La forma más inmediata de solventar este problema y que ya ha sido utilizada por muchos equipos móviles, es silenciar la entrada de RF y la salida de audio del receptor mientras dura la transmisión.

Una segunda posibilidad cuando no se dispone de receptores con la facilidad de silenciamiento, es utilizar algún tipo de conmutador de antena o un atenuador conmutable para reducir el nivel de señal no deseada de su propio transmisor, a fin de no afectar adversamente al CAG.

En el caso de estaciones en las que no haya emplazamientos comunes de antenas, no será necesario efectuar modificaciones, siempre que el nivel de señal recibida cumpla el criterio anterior.

**3.2 Transmisiones de ruido dentro de banda**

Esto ocasionará también problemas en emplazamientos comunes de transmisores/receptores, debido a que el nivel de ruido puede ser sustancialmente mayor del nivel de la señal deseada recibida.

En la mayoría de los casos este problema puede resolverse utilizando un conmutador de antena transmisora que se active únicamente durante el periodo de transmisión.

Una posibilidad alternativa es utilizar un conmutador de baja potencia entre la unidad de excitación y el amplificador de potencia. La mayor parte del ruido dentro de banda se genera en la unidad de excitación y las componentes procedentes de la etapa amplificadora de potencia pueden ser de hasta 140-150 dB inferiores a la potencia en la cresta de la envolvente [Barrs, 1981].

Suponiendo un transmisor de 1 kW (potencia en la cresta de la envolvente = 167 dB(1  $\mu$ V)), se tiene un nivel de ruido de:

$$167 \text{ dB} - 26 \text{ dB (CL)} - 150 \text{ dB} = -9 \text{ dB(1 } \mu\text{V)}$$

Este nivel es aproximadamente igual al del ruido atmosférico y galáctico (0 a -11 dB(1  $\mu$ V)).

Para equipos y antenas situados muy próximos en el mismo emplazamiento puede ser necesario adoptar las dos soluciones anteriores.

Para emisores y receptores separados geográficamente no se requerirá efectuar modificaciones siempre que los niveles de ruido del transmisor sean inferiores al ruido de fondo normal.

**4. Resultados experimentales****4.1 Configuración de pruebas**

Para verificar la viabilidad de las soluciones propuestas anteriormente, se efectuó una prueba con la configuración de equipos representada en la fig. 1. [CCIR, 1982-86].

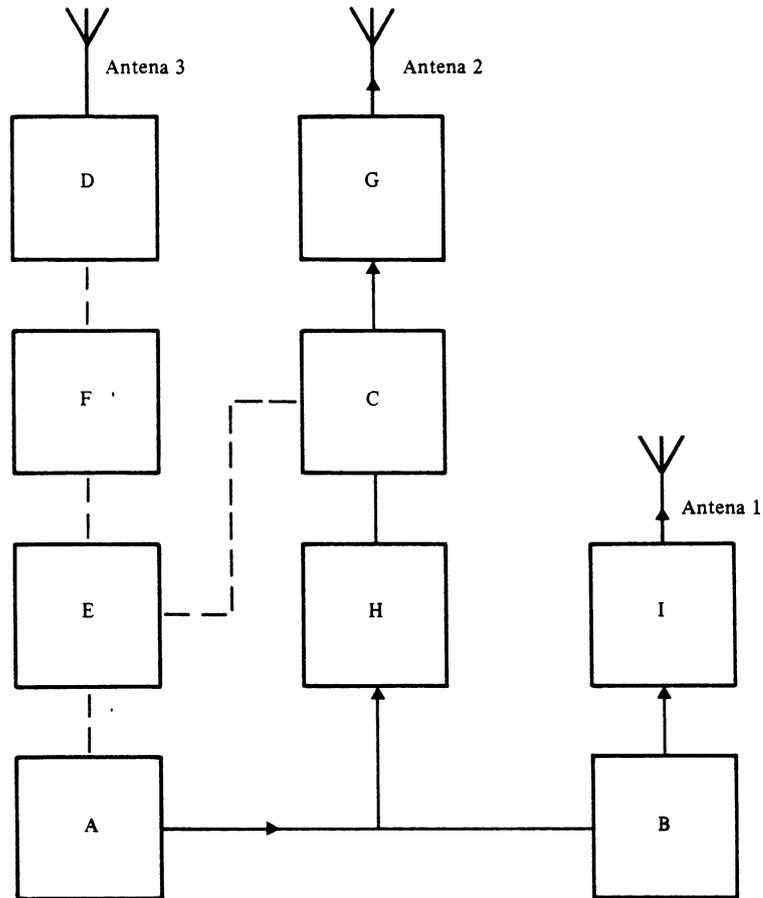


FIGURA 1 – Configuración del equipo para las pruebas

- A : Terminal ARQ
- B : Terminal ARQ
- C : Atenuador conmutable
- D : Atenuador RF externo
- E : Silenciador de audio externo
- F : Receptor
- G : Amplificador RF de gran potencia
- H : Unidad excitadora de baja potencia
- I : Unidad excitadora de baja potencia
- : Control c.c.

El equipo director era el ARQ «A» que transmitía al ARQ «B» a través de la conexión por línea directa. Las señales de retorno del ARQ «B» hacia el ARQ «A», se transmitieron por la antena 1 y se recibieron por la antena 3. La «transmisión propia» de alto nivel y el ruido dentro de banda se transmitieron desde ARQ «A» mediante la antena 2. Durante los periodos de silencio del ciclo ARQ de transmisión del equipo ARQ «A», podía insertarse el atenuador conmutable «C».

Se midieron las siguientes características:

- potencia recibida de la transmisión «no deseada» = +137 dB(1  $\mu$ V),
- potencia recibida de la transmisión del ruido dentro de la banda (sin inserción del atenuador «C») = +52 dB(1  $\mu$ V),
- potencia recibida de ruido dentro de la banda (con el atenuador «C» insertado en el circuito) = –12 dB(1  $\mu$ V),

- potencia recibida de la transmisión «deseada» = +20 dB(1  $\mu$ V),
- retardo del bucle ARQ «A»-ARQ «B»-ARQ «A» = 4 ms,
- tiempo de decaimiento del CAG del receptor (tiempo necesario para que la señal de audio alcance -3 dB para una reducción brusca de 40 dB en el nivel de entrada) = 150 ms.

Las potencias «no deseada» y de ruido dentro de la banda (con el atenuador C desconectado del circuito) eran función del transmisor empleado. Se ajustó la potencia del ruido dentro de la banda con el atenuador conectado al circuito de modo que fuera aproximadamente igual a los niveles típicos de ruido atmosférico y galáctico menos el valor de 3 dB citado en el § 2.2. Se ajustó la potencia «deseada» transmitida desde el ARQ «B», a través de la antena 1, al valor típico recibido por una estación del servicio móvil marítimo.

El receptor incorporaba un silenciador RF de entrada (atenuación mayor que 72 dB) y un silenciador de salida de audio, pudiendo desconectarse cualquiera de ellos. En la prueba se emplearon tres configuraciones del receptor:

- a) con los dos silenciadores el de RF de entrada y el de audio de salida conectados al circuito;
- b) con ambos silenciadores internos desconectados y un atenuador RF de recepción conmutable externo separado «D» (atenuación de 80 dB) controlado por el equipo ARQ conectado al circuito;
- c) como en el caso b) anterior pero con un silenciador externo separado «E» conectado al circuito.

#### 4.2 *Resultados de las pruebas*

Con las configuraciones a) y c) anteriores, el circuito funcionó satisfactoriamente sin errores. Con la configuración b) los errores fueron importantes.

Durante esta prueba, se observó que la señal proveniente del ARQ «A», recibida por la antena 3, había experimentado un retardo. Como resultado de este retardo, se aplicaron altos niveles de señal al receptor «F», lo que pudo causar una degradación del funcionamiento del receptor. También existía la posibilidad de que el ARQ «A» reaccionase al final de su propia señal transmitida, que había sido retardada adicionalmente por el receptor «F». Como la configuración c) se reveló satisfactoria, puede atribuirse a esta última posibilidad la causa principal de los mediocres resultados de la configuración b).

#### 4.3 Pruebas en el mar

##### 4.3.1 Condiciones de las pruebas

En enero y febrero de 1987 se realizaron pruebas prácticas [CCIR, 1986-90] con equipo teletográfico IDBE por canales de una sola frecuencia en una travesía efectuada por el barco Komsomolsk entre Leningrado y Cuba. En las pruebas se utilizaron las siguientes instalaciones ordinarias de barco:

- equipo IDBE conforme con la Recomendación 476 del CCIR;
- un transmisor de 1 kW;
- un receptor con posibilidades de desconexión del CAG, bloqueo de la entrada de antena y protección de los circuitos de entrada contra tensiones de alta frecuencia de hasta 100 V;
- antenas distintas para la transmisión y la recepción, con separación de al menos 10 m.

Cuando el equipo IDBE funcionaba en modo ARQ, la unidad de excitación del transmisor se bloqueaba en el periodo de pausa, suprimiendo así el ruido de alta frecuencia a la salida del transmisor hasta 140 dB por debajo de la salida máxima del transmisor.

Para transmisión y recepción se utilizaba la clase de emisión J2B.

#### 4.3.2 Método de prueba

La comunicación con el corresponsal se establecía en modo ARQ utilizando frecuencias asociadas por pares. Primero se transmitía y recibía un mensaje de prueba especial idéntico en frecuencias asociadas por pares y posteriormente en una sola frecuencia. Se fijaba el tiempo de transmisión/recepción del mensaje de prueba. Se determinaba la velocidad de transmisión real para un mismo volumen de información (del orden de 1.000 caracteres) en explotación en dos frecuencias y en una sola frecuencia, mediante la fórmula:

$$R = \frac{N \times 7,5}{t} \quad (\text{baudios})$$

siendo N: número de caracteres transmitidos

t: tiempo de transmisión, en s.

La eficacia (E) de explotación del equipo IDBE se evaluaba por medio de la relación entre la velocidad real de transmisión de información en una sola frecuencia ( $R_s$ ) y la velocidad de transmisión para el mismo volumen de información por explotación en dos frecuencias ( $R_d$ ):

$$E = \frac{R_s}{R_d}$$

Para tener en cuenta las variaciones de las condiciones de propagación en el intervalo comprendido entre el comienzo de la transmisión en dos frecuencias y el comienzo de la transmisión en una sola frecuencia, se promediaba el tiempo de transmisión/recepción en la sesión de comunicación.

El programa de pruebas incluía también la evaluación de la influencia de la interferencia causada por estaciones radioeléctricas que funcionaban en canales adyacentes, es decir, en frecuencias situadas a  $\pm 500$  Hz de la frecuencia de trabajo, en explotación simplex con equipo IDBE.

#### 4.3.3 Resultados de las pruebas

Las pruebas se realizaron en 45 sesiones de comunicación, 39 de ellas con estaciones costeras y 6 con barcos. Los resultados se recogen en los Cuadros I y II.

La relación entre  $R_d$  y  $R_s$  durante la misma sesión fue significativa.

CUADRO I

Velocidad de transmisión (Bits/sec)	Número de sesiones de explotación en una sola frecuencia ( $R_s$ )	Número de sesiones de explotación en dos frecuencias ( $R_d$ )
0 - 19,9*	1	1
20 - 29,9	1	2
30 - 34,9	5	2
35 - 39,9	9	8
40 - 44,9	11	17
45 - 49,9	17	12
50	1	3
	45	45

CUADRO II

Eficacia $E = \frac{R_s}{R_d}$	Número de sesiones
<0,85	1
0,85 - 0,89	4
0,90 - 0,94	1
0,95 - 0,99	14
1,00 - 1,04	15
1,05 - 1,09	4
1,10 - 1,14	4
1,15 - 1,19	1
>1,20	1
	45

\* Las velocidades mínimas de transmisión indicadas en el Cuadro I para la explotación en una y en dos frecuencias son, respectivamente, de 7,40 y 6,35 bits/s.

La eficacia de explotación (E) del equipo IDBE en un canal de una sola frecuencia en comparación con la explotación en canal de dos frecuencias indicada en el Cuadro II depende de la situación de interferencia en el canal, y varía entre 0,76 y 1,65 y la eficacia E promediada en todas las sesiones de comunicación para una velocidad de transmisión media de 41,4 baudios es de 1,01, lo que permite concluir que es posible una amplia utilización del equipo IDBE por canal radioeléctrico de una sola frecuencia en modo de explotación normal.

##### 5. Ventajas de la explotación del equipo telegráfico IDBE en modo ARQ de una sola frecuencia

La utilización de frecuencias simplex para este caso puede proporcionar un ahorro del 50% del espectro de frecuencias. Además, los canales IDBE de una sola frecuencia propuestos para el sistema mundial de socorro y seguridad marítimos (véase el Informe 747), pueden permitir el empleo del modo de explotación ARQ, que es intrínsecamente más fiable que los modos FEC para la transmisión a estaciones aisladas. La explotación y eficacia del equipo IDBE en un canal de una sola frecuencia es prácticamente idéntica a la de un canal de dos frecuencias.

##### 6. Conclusiones

Se ha demostrado que un equipo telegráfico NBDP en modo ARQ que utiliza una sola frecuencia puede funcionar satisfactoriamente, incluso cuando el transmisor y el receptor asociados están instalados en el mismo local, como ocurre en las estaciones móviles y en algunas estaciones costeras. Para lograr el funcionamiento satisfactorio es preciso tomar medidas para reducir las componentes de ruido en la banda transmitidas fuera de los periodos de transmisión reales, y el receptor utilizado debe estar provisto de un silenciador interno de RF y audio, o bien de un atenuador conmutable externo para la antena de recepción y de un silenciador de audio externo.

Para emisores y receptores separados geográficamente no será preciso efectuar modificaciones siempre que los niveles de las señales recibidas del propio transmisor de la estación satisfagan los requisitos analizados en los § 2 y 3.

En el caso de transmisores y receptores relativamente próximos (por ejemplo, situados en un mismo barco), la supresión de la emisión de ruido de un transmisor de barco durante un periodo de pausa de 240 ms hasta un nivel de 140 dB relativo a la potencia máxima de salida es suficiente para asegurar la explotación del equipo IDBE por canal radioeléctrico de una sola frecuencia.

El bloqueo de la entrada del receptor durante la emisión del transmisor asociado durante un periodo de 210 ms utilizando los actuales relés y la desconexión del CAG no tiene un efecto apreciable en la eficacia de la explotación del equipo IDBE por canal radioeléctrico de una sola frecuencia.

En el Anexo I se ofrece un Informe sobre experiencias prácticas obtenidas con IDBE-ARQ empleando una sola frecuencia.

Actualmente pueden indicarse varias aplicaciones inmediatas para la explotación en una sola frecuencia utilizando equipos telegráficos IDBE en modo ARQ, de por sí más fiable que el de corrección de errores sin canal de retorno (FEC):

- para fines de socorro y seguridad en el sistema mundial de socorro y seguridad marítimos, en canales de una sola frecuencia disponibles en las bandas de ondas hectométricas y decamétricas;
- para telegrafía IDBE por canales de una sola frecuencia, reduciendo así la necesidad de canales de dos frecuencias previstos en el Artículo 60 del Reglamento de Radiocomunicaciones, duplicando con ello el número de frecuencias disponibles.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRS, R. A. [1981] A reappraisal of HF receiver selectivity. *Proc. IERE*, Vol. 50.

#### Documentos del CCIR

√1982-867: 8/25 (Reino Unido).

√1986-907: 8/84 (URSS).

#### ANEXO I

#### EXPERIENCIA PRÁCTICA OBTENIDA CON LA UTILIZACIÓN DE UNA SOLA FRECUENCIA EN CANALES DE RADIOTELEGRAFÍA DE IMPRESIÓN DIRECTA DE BANDA ESTRECHA EN EL SISTEMA MARITEX

##### 1. Introducción

El enlace de datos y los protocolos de capa física utilizados en los sistemas IDBE (Recomendaciones 476 y 625 del CCIR) son inherentemente simplex y el servicio de aficionados funciona siempre en el modo monofrecuencia con buenos resultados. Se ha centrado el interés en las consecuencias para el sistema de la utilización de frecuencias únicas en sistemas radiotélex automáticos y semiautomáticos.

Esto se debe tanto a la posibilidad de utilizar mejor el espectro utilizando la misma frecuencia para los canales de ida y de retorno, como a la oportunidad de utilizar terminales radioeléctricos del tipo transceptor primordialmente diseñados para utilización con una sola frecuencia y que ahora están comercializados, lo que permite reducir los costos del terminal.

Este anexo está destinado a dar cierta indicación sobre la realización práctica y las consecuencias para el sistema del funcionamiento en una sola frecuencia experimental en el sistema IDBE automático MARITEX explotado por las Administraciones nórdicas [CCIR, 1986-90].

## 2. Terminal móvil

El terminal móvil utilizado para las pruebas fue un transceptor de ondas hectométricas/decamétricas con una salida de 150 vatios, de fabricación japonesa, equipado con corrección de errores con petición de repetición (ARQ) conforme a la Recomendación 476-3 del CCIR. El transceptor se colocó a bordo del buque de carga "M/S Boxy" y se utilizó durante un viaje de seis meses a través del Atlántico Norte a mediados de 1987. La disposición de antena utilizada fue una antena de látigo de fibra de vidrio de 7 metros sintonizada por la unidad adaptadora de antena automática asociada.

No se tomaron precauciones especiales con respecto al equipo, que se utilizó según fue entregado por los fabricantes.

## 3. Estación costera

El canal radioeléctrico para la prueba estaba en la banda de 12 MHz y utilizó los componentes normalizados del sistema MARITEX.

El receptor utilizado tenía una anchura de banda de FI de 350 Hz y estaba conectado al complejo de antena log-periódica en la ubicación receptora MARITEX en Onsala, a 30 km al sur-sudoeste de Gothenburg.

El equipo transmisor se situó en una ubicación transmisora auxiliar en Grimeton, a 60 km al sur de la ubicación receptora.

El transmisor tenía una potencia de 5 kW a una antena de dipolo, y se explotó en el modo J2B.

Se conectó un sistema ARQ normalizado al equipo radioeléctrico y al sistema de computador de tratamiento de mensajes de MARITEX.

Se hicieron algunos ajustes al formato de la señal de "canal libre" de la Recomendación 492.

Para poder efectuar llamadas desde el barco, se insertó un periodo de silencio de 3 segundos después de 8 bloques de señal de "canal libre". De otro modo, la emisión de la estación costera impediría la decodificación de las transmisiones de llamada del barco.

## 4. Observación

En todo el viaje no se detectaron dificultades ni retardos anómalos de los mensajes atribuidos al enlace radioeléctrico. El tráfico ofrecido al sistema por los abonados télex en tierra o desde el barco fue enviado satisfactoriamente dentro de los límites de tiempo de propagación del sistema.

5. Conclusiones

La utilización de una sola frecuencia de los canales IDBE en una manera factible de reducir la congestión del espectro en las bandas de ondas decamétricas utilizadas para IDBE y se presta bien a la utilización, incluso en sistemas totalmente automáticos.

Sin embargo, pueden preverse algunas dificultades con equipos móviles más antiguos que puedan tener tiempos de conmutación, y características de silenciamiento y de ruido, inferiores a los óptimos.

Es posible que haya que modificar también ligeramente los equipos radioeléctricos de las estaciones costeras a fin de satisfacer los requisitos con respecto a las características de silenciamiento y de ruido del transmisor.

El formato de la señal de "canal libre" para el funcionamiento óptimo es también un asunto que debe estudiarse ulteriormente, cuando un terminal móvil en un sistema automático debe explorar varios canales radioeléctricos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Documentos del CCIR

[1986- 90]: 8/118 (Suecia).

---